

JURNAL TUGAS AKHIR

STUDI NUMERIK DISPLACEMENT BEHAVIOUR
JANGKAR TIPE BINTANG PADA TANAH LEMPUNG



Disusun Oleh:

NUR SAMDHANI
D11108323

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2014

STUDI NUMERIK DISPLACEMENT BEHAVIOUR JANGKAR TIPE BINTANG PADA TANAH LEMPUNG

A. R. Djamaluddin¹, S. H. Nur¹, N. Samdhani²

Abstrak: Indonesia dikenal sebagai salah satu negara dengan garis pantai terpanjang di dunia. Dalam pemanfaatan sumber daya pantai dan lepas pantai diperlukan bangunan-bangunan baik yang bersifat sementara maupun permanen seperti bagang, pemecah gelombang terapung (*floating breakwater*), menara transmisi, dan *mooring dolphin*. Persoalan utama yang dihadapi untuk bangunan dipantai atau lepas pantai adalah masalah kestabilan struktur akibat pergerakan air laut baik secara vertikal akibat pasang surut maupun pergerakan horizontal akibat arus, angin dan gelombang. Untuk menjaga stabilitas akibat pergerakan vertikal akibat gaya apung (*uplift*) maka diperlukan suatu struktur penahan yang dikenal dengan penjangkaran (*anchors*). Sebelumnya, telah dilakukan pengujian pull out plat jangkar tipe bintang dengan berbagai bentuk dan kedalaman dengan menggunakan plat jangkar lingkaran sebagai acuan dasar, dan telah diperoleh hasil bentuk pola keruntuhan tanah dan nilai kapasitas cabut jangkar. Sebagai nilai validasi terhadap hasil yang diperoleh dari penelitian berupa eksperimen, dilakukan analisis yang sama pada penelitian plat jangkar secara numerik yaitu dengan menggunakan program komputer. Pada penelitian ini, yang menjadi fokus penelitian adalah pola keruntuhan tanah atau displacement yang terjadi pada tanah akibat dari pergerakan tarik jangkar. Displacement tanah tersebut akan dianalisis dengan menggunakan program komputer yaitu dengan aplikasi FLAC3D. Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengkaji displacement yang terjadi akibat dari plat jangkar tipe bintang yang ditanam pada tanah kohesif terkompaksi, yang merupakan pengembangan dari jangkar bentuk lingkaran dengan melakukan variasi pelat jangkar menyerupai bintang dan kedalaman penanaman yang bervariasi. Dengan program FLAC3D dapat diperoleh model dan hasil analisis *displacement* pada tanah disekitar jangkar akibat dari perlakuan tarik pada jangkar tipe lingkaran dan bintang dengan berbagai kedalaman. Model jangkar berbentuk lingkaran berdiameter 10 cm, bintang berdaun empat dengan panjang 10 cm dan lebar 3 cm, dan jangkar beraun empat dengan panjang 14,4 cm dan lebar 3 cm. Analisis displacement diperoleh dari jangkar yang ditarik sejauh 10 cm dari tiap kedalaman 30, 60 dan 90 cm. Dari hasil analisis diperoleh jarak terbesar tanah yang mengalami displacement tergantung pada ukuran lebar dari jangkar.

Kata kunci: Jangkar Bintang, Displacement, FLAC3D

Abstract: Indonesia is known as one of the countries with the longest coastline in the world. Coastal resource utilization and offshore structures are necessary and as “bagang”, floating breakwaters, transmission towers, and mooring dolphin. The main problem faced by shore or offshore building is structural stability due to the movement of sea water both vertically related to tides and horizontal movement due to currents, winds and waves. To maintain stability due to vertical movement uplift it requires a retaining structure known as anchoring. Previously, we carried out the testing pull anchor plate-type stars of various shapes and depths using a circular plate anchors as baselines, and derived results of the pattern of failure and pull out anchor. As the validation of the results obtained from the study in the form of experiments, performed the same analysis on the study numerically the anchor plate using a computer program. In this study, the focus of research is the pattern of soil failure or displacement that occurs in the soil as a result of the movement of the drag anchor. Displacement of the soil will be analyzed using a computer program of FLAC3D. The aim of this study is to assess the displacement that occurs as a result of the type of plate anchors embedded in Compacted cohesive soil, in which the anchor was modified from the anchor form a circle with a variation on the anchor plate resembles a star and varying planting depths. With FLAC3D program it can be obtained models and analytical results on the soil around the anchor displacement is result of treatment pull on the anchor type circles and stars with a wide range of depths. Model anchor circular diameter of 10 cm, a four-leaved star with a 10 cm long and 3 cm wide, and four anchors beraun with 14.4 cm long and 3 cm wide. The displacement is 10 cm from each depth of 30, 60 and 90 cm. It can be suggested that displacement depends on the size of the anchor width.

Key Words: Star Anchor, Displacement, FLAC3D

¹ Dosen, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Makassar 90245, INDONESIA

² Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Makassar 90245, INDONESIA

PENDAHULUAN

Indonesia yang dikenal sebagai salah satu negara dengan garis pantai terpanjang di dunia dengan panjang mencapai lebih dari 95.181 kilometer (km). Aktivitas pemanfaatan sumber daya daerah pantai dan lepas pantai menjadi hal yang sering dijumpai seperti aktifitas transportasi, perikanan, sumber pembangkit listrik, pertambangan dan lain-lain. Dalam pemanfaatan sumber daya pantai dan lepas pantai tentu memerlukan bangunan-bangunan baik yang bersifat sementara maupun permanen seperti bagang, pemecah gelombang terapung (*floating breakwater*), menara transmisi, *mooring dolphin* dan sebagainya.

Persoalan utama yang dihadapi untuk bangunan dipantai atau lepas pantai adalah masalah kestabilan struktur akibat pergerakan air laut baik secara vertikal akibat pasang surut maupun pergerakan horizontal akibat arus, angin dan gelombang. Untuk menjaga stabilitas akibat pergerakan vertikal akibat gaya apung (*uplift*) maka diperlukan suatu struktur penahan yang dikenal dengan penjangkaran (*anchors*).

Pengembangan bentuk elemen jangkar yang memiliki kemudahan dalam pemasangan dengan kapasitas dukung yang cukup memadai perlu dikembangkan. Khusus untuk penggunaan jangkar pada tanah kohesif (*cohesive soil*) yang memiliki ketebalan yang besar, memungkinkan untuk dilakukan inovasi dengan menggunakan elemen jangkar tipe bintang (*stars anchor*).

Sebelumnya pada pengujian pull out plat jangkar tipe bintang dengan berbagai bentuk dan kedalaman dan dengan menggunakan plat jangkar lingkaran sebagai acuan dasar telah diperoleh bentuk pola keruntuhan tanah

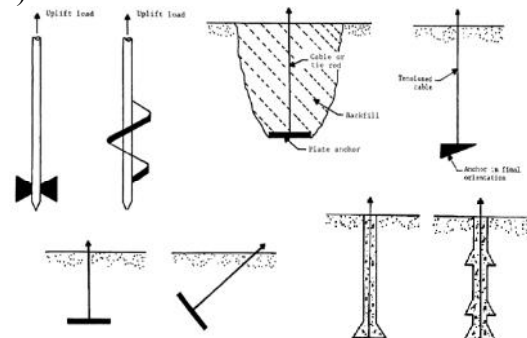
dan nilai kapasitas cabut jangkar. Sebagai nilai validasi terhadap hasil yang diperoleh dari penelitian berupa eksperimen yang telah dilakukan, akan dilakukan analisis yang sama pada penelitian plat jangkar secara numeric yaitu dengan menggunakan program computer.

Pada penelitian ini, yang menjadi fokus penelitian adalah pola keruntuhan tanah atau displacement yang terjadi pada tanah akibat dari pergerakan tarik jangkar. Displacement tanah tersebut akan dianalisis dengan menggunakan program komputer yaitu dengan aplikasi FLAC3D.

TINJAUAN PUSTAKA

Tipe Jangkar Tanah

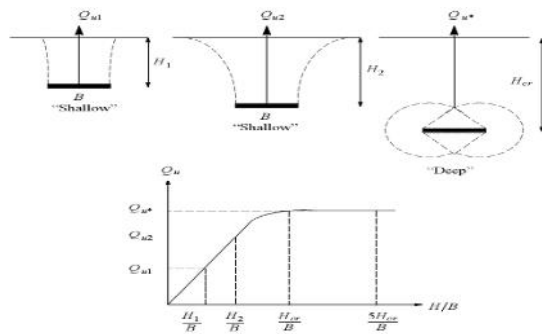
Jangkar tanah adalah merupakan suatu jenis pondasi yang cukup tipis/kecil yang didisain dan dikonstruksi khusus untuk menahan gaya cabut/angkat atau menahan gaya guling dari berbagai struktur (gambar 1).



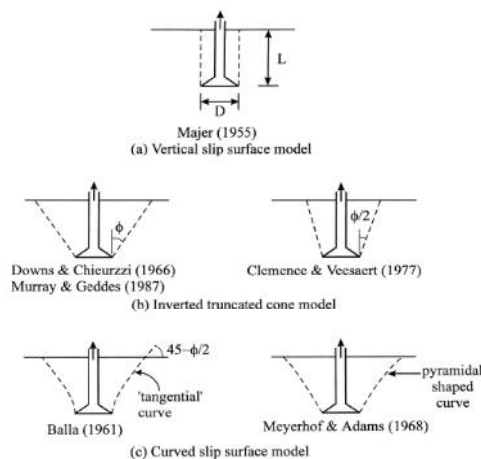
Gambar 1. Tipe-tipe jangkar tanah

Jangkar Tanah Berdasarkan Mekanisme Keruntuhan

Riset awal tentang perilaku jangkar pelat pada tanah lunak menunjukkan dua model keruntuhan tanah yang dapat dikategorikan atas jangkar dangkal dan dalam, ditunjukkan pada gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Klasifikasi Jangkar pelat Berdasarkan Mekanisme Keruntuhan



Gambar 3. Model Mekanisme Keruntuhan Dickin (1988)

Banyak model mekanisme keruntuhan yang terjadi akibat gaya cabut pada jangkar yang didasarkan pada hasil penelitian laboratorium. Telah diringkas oleh Dickin (1988) (dikutip oleh Hamed Niroumand.dkk. 2012) kemudian diklasifikasikan kedalam tiga kategori yaitu *slip-surface model*, *inverted truncated cone model* and *curved slip-surface model*.

Parameter Tanah

Beberapa parameter tanah dibutuhkan dalam menganalisa displacement pada program FLAC3D, berikut hubungan antara beberapa parameter tanah yang dijelaskan pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Nilai Poison Rasio (μ)

Jenis Tanah	Poison Rasio (μ)
Lempung, jenuh	0,4 – 0,5
Lempung, tak jenuh	0,1 – 0,3
Lempung Berpasir	0,3 – 0,35
Lanau	0,2 – 0,4
Pasir (padat)	
Kasar (angka pori = 0,4 – 0,7)	0,15
Berbutir halus (angka pori = 0,4 – 0,7)	0,25
Batuan	0,1-0,4 (agak tergantung jenis batuan)
Tanah Lus	0,1 – 0,3
Es	0,36
Beton	0,15

Tabel 2. Hubungan Antara Konstanta Elastik
Modulus Young (E), Rasio Poisson (ν),
Modulus Bulk (K) dan Geser (G).

	K, E	K, G	K, μ	E, G	E, μ	G, μ
K	K	K	K	$\frac{EG}{3(3G - E)}$	$\frac{E}{3(1 - 2\mu)}$	$\frac{2G(1 + \mu)}{3(1 - 2\mu)}$
E	E	$\frac{9KG}{3K + G}$	$3K(1 - 2\mu)$	E	E	$2G(1 + \mu)$
G	$\frac{3KE}{9K - E}$	G	$\frac{3K(1 - 2\mu)}{2(1 + \mu)}$	G	$\frac{E}{2(1 + \mu)}$	G
μ	$\frac{3K - E}{6K}$	$\frac{3K - 2G}{2(3K + G)}$	μ	$\frac{E}{2G} - 1$	μ	μ

Hasil Penelitian Secara Experimen

Karakteristik Tanah

Pengujian karakteristik tanah dilakukan untuk mengklasifikasi jenis tanah yang digunakan pada penelitian. Hasil pemeriksaan karakteristik tanah (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil pemeriksaan karakteristik tanah

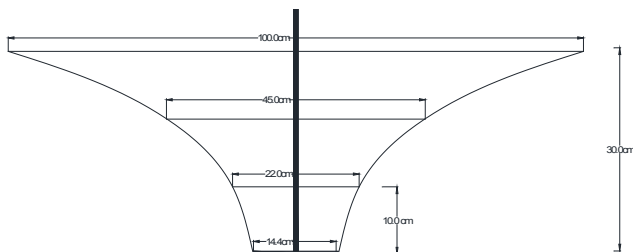
Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan
Pemeriksaan Sifat Fisis Tanah	
1. Kadar Air	21.14%
2. Berat Jenis Spesifik	2,72
3. Batas-batas Atterberg	
❖ Batas Cair (LL)	65,78 %
❖ Batas Plastis (PL)	33,33 %
❖ Indeks Plastisitas (PI)	32,45 %
❖ Batas Susut (SL)	22,71 %
4. Gradasi Butiran	Tanah berbutir kasar = 15,7 % Tanah berbutir halus = 84,3 %
5. Klasifikasi tanah	USCS → MH & OH AASHTO → A-7-5
6. Kompaksi	$w_{opt} = 33,12 \%$ $\gamma_{dry} = 1,26 \text{ gr/cm}^3$
7. Pemadatan	$R = 83,808 \%$
Pemeriksaan Sifat Mekanis Tanah	
1. Kuat tekan bebas	$q_u = 1,1 \text{ Kg/cm}^2$ $c_u = 0,548 \text{ Kg/cm}^2$ $\gamma_{dry} = 1,054 \text{ gr/cm}^3$ $E = 3353 \text{ KN/m}^2$
2. Vane shear	$c_u = 0,51 \text{ Kg/cm}^2$

sumber hasil pengujian laboratorium

Pola Keruntuhan

A. Kedalaman 30 cm

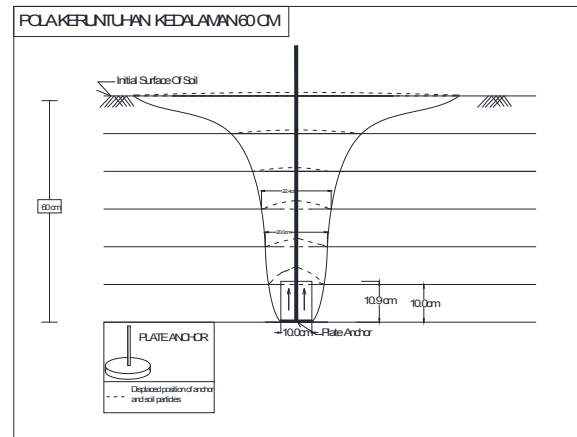
Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat digambarkan mengenai pola keruntuhan yang terjadi setelah melakukan pembakaran pada sampel tanah, ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Pola keruntuhan kedalaman 30 cm.

B. Kedalaman 60 cm

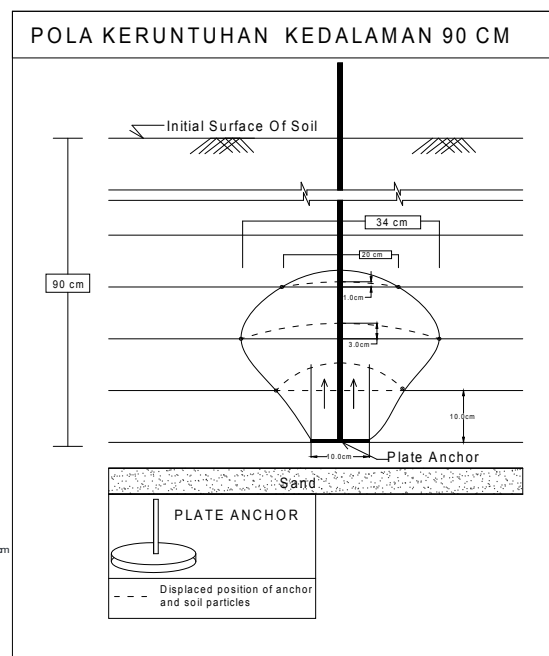
Pada Kedalaman 60 cm pola keruntuhan digambarkan setelah melakukan pemotongan pada sampel tanah, ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Pola keruntuhan kedalaman 60 cm

C. Kedalaman 90 cm

Pada kedalaman 90 cm, pola keruntuhan juga didapatkan setelah melakukan pemotongan pada sampel tanah, ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Pola keruntuhan pada kedalaman 90 cm

Program FLAC

Pengenalan Program FLAC

FLAC (Fast Lagrangian Analysis of Continue) adalah program beda hingga yang eksplisit untuk perhitungan mekanika teknik. FLAC menawarkan berbagai macam kemampuan untuk memecahkan masalah dengan kompleks dalam mekanika. Bahan diwakili oleh elemen-elemen dalam grid yang disesuaikan oleh pengguna sesuai dengan bentuk dari objek yang akan dibuat modelnya. Setiap elemen berperilaku berdasarkan ketentuan linear atau non-linear dari hukum tegangan/regangan sebagai respon atas gaya yang diterapkan atau batas hambatan. Material dapat menghasilkan dan mengalir, dan grid dapat merubah bentuk (dalam mode regangan besar) dan bergerak dengan material yang dipresentasikan. FLAC didasarkan atas skema perhitungan “lagrangian” yang cocok untuk pemodelan distorsi besar dan keruntuhan material. Beberapa model konstitutif built-in yang tersedia untuk mensimulasikan yang sangat non-linear, yang merupakan representative dari bahan geologi atau bahan serupa.

FLAC juga mengandung Bahasa pemrograman built-in yang kuat, FISH (kependekan dari FLACish), yang memungkinkan pengguna untuk mendefinisikan variabel dan fungsi baru. Pengguna dapat menulis fungsi mereka sendiri untuk memperpanjang kegunaan FLAC dan bahkan menerapkan model konstitutif mereka sendiri jika diinginkan. FISH menawarkan kemampuan yang unik bagi pengguna FLAC yang ingin menyesuaikan analisis sesuai dengan kebutuhan spesifikasi mereka.

Tentang Aplikasi

FLAC merupakan program computer yang berbasis perintah. Kata perintah mengontrol pengoperasian program. Input “language” didasarkan pada perintah kata yang dikenali yang memungkinkan untuk mengidentifikasi penerapan setiap perintah dengan mudah dan logis. Perintah dengan memasukan data format bebas dan dapat dimasukkan melalui mode “interaktif” (yaitu melalui keyboard) atau mode “batch” (yaitu disimpan dalam data file dan terbaca dalam disket atau hard drive).

FISH

FISH merupakan Bahasa pemrograman yang tertanam dalam FLAC yang memungkinkan pengguna untuk mendefinisikan variabel dan fungsi baru. Fungsi ini dapat digunakan untuk memperluas kegunaan FLAC atau menerapkan mode konstitutif baru. Sebagai contoh, variabel baru dapat diplot atau dicetak, generator jaringan khusus dapat dilaksanakan, control servo dapat diterapkan untuk tes numeric, distribusi yang tidak biasa dari property dapat ditentukan, dan studi parameter dapat diotomatisasi. FISH adalah sebuah kompilator: program-program yang masuk melalui file data FLAC dijabarkan ke dalam daftar instruksi yang disimpan dalam ruang memori FLAC; sumber asli program tidak disimpan oleh FLAC. Setiap kali fungsi FISH dipanggil, kode yang komplit dijalankan.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penulisan tugas akhir

ini adalah pengaplikasian komputer dengan menggunakan suatu aplikasi atau software.

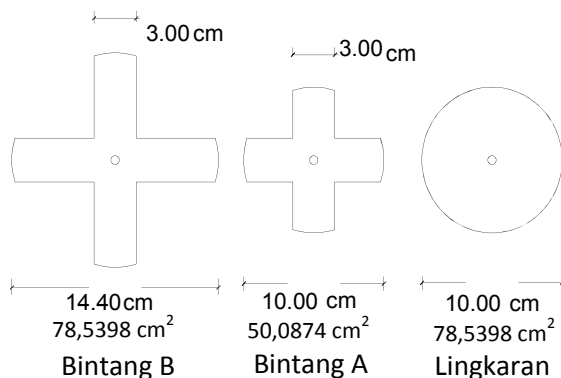
Kasus yang ditinjau adalah suatu jangkar tiga dimensi. Dimana akan didesain 2 tipe jangkar yaitu jangkar tipe lingkaran dan jangkar tipe bintang dengan empat elemen dengan berbagai kedalaman penanaman. Kedua tipe jangkar dan berbagai kedalaman penanaman ini akan di analisis *displacementnya*.

Alat dan Bahan

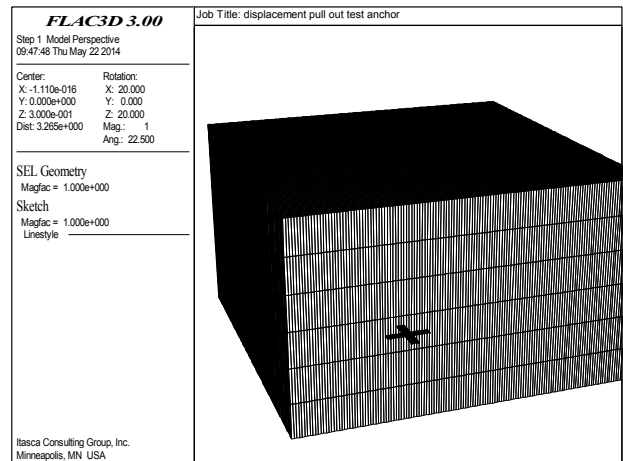
Alat bantu yang digunakan dalam desain dan analisis struktur adalah program komputer. Dengan menggunakan software FLAC3D untuk mengevaluasi dan membandingkan kinerja struktur yang diteliti.

Model Struktur Jangkar

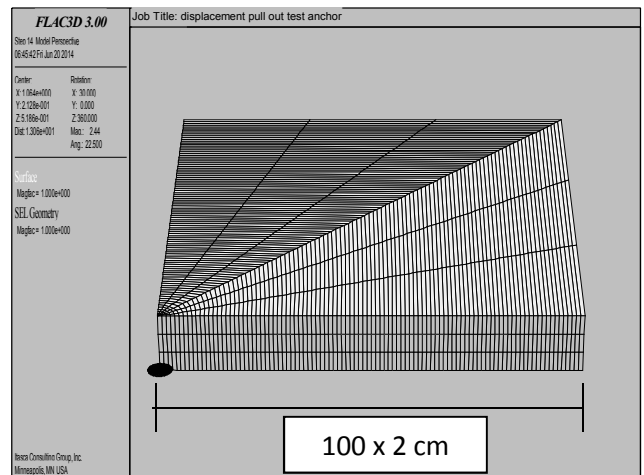
Untuk mengkaji kapasitas jangkar bintang ini maka pada penelitian ini akan didesain model jangkar pelat lingkaran sebagai acuan dasar dengan jangkar bintang dengan 4 elemen. Model jangkar berbentuk bintang yang akan dibangun merupakan modifikasi dari jangkar pelat lingkaran. Model jangkar terbuat dari baja pelat (gambar 7 s/d 10).



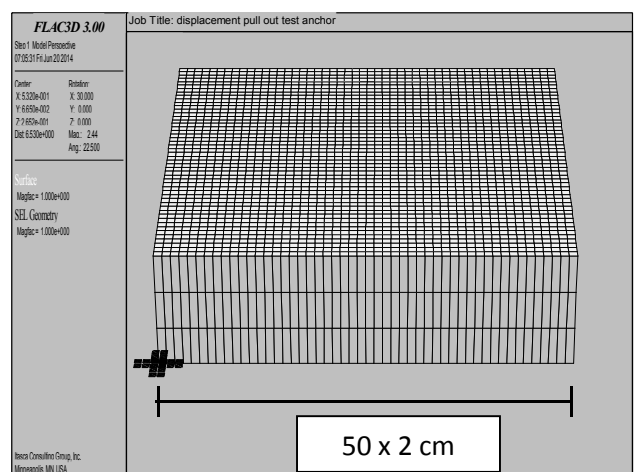
Gambar 7. Tipikal Model Jangkar



Gambar 8. Model Sketsa Struktur Jangkar dan Tanah pada FLAC3D



Gambar 9. Model Grid Struktur Tanah untuk Jangkar Lingkaran



Gambar 10. Model Grid Struktur Tanah untuk Jangkar Bintang

Analisis Displacement dengan Menggunakan Program FLAC3D

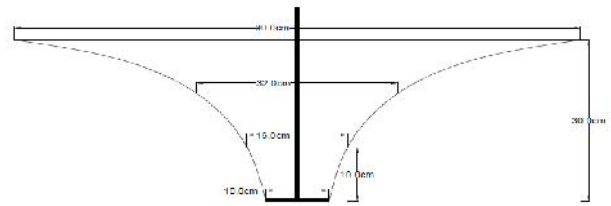
Penelitian ini menggunakan program komputer *FLAC3D ver. 3.0*. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- Melakukan perancangan model struktur, termasuk data-data karakteristik struktur, dan perintah yang akan dioperasikan oleh *FLAC3D* pada *notepad*.
- Memasukkan *file notepad* yang telah dibuat kedalam *FLAC3D* dengan memilih menu *file >> call*
- Maka akan muncul tampilan sebagai berikut, kemudian membuka *file notepad* yang telah dibuat sebelumnya.
- Setelah *file* telah terinput, *software* akan memproses data-data yang telah terinput tersebut.
- Setelah proses selesai, kemudian dilakukan *plot* hasil-hasil yang dibutuhkan dalam menganalisis *displacement* pada tanah akibat dari perlakuan tarik pada jangkar.

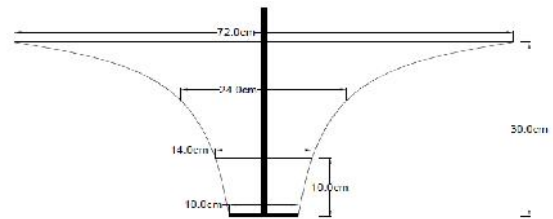
Validasi Hasil Analisis Displacement dengan Menggunakan Program FLAC3D

Sebagai validasi dari hasil analisis pada penelitian ini, diambil hasil pola keruntuhan tanah pada plat jangkar penanaman 30 cm yang diperoleh dari penelitian secara experiment sebagai acuan.

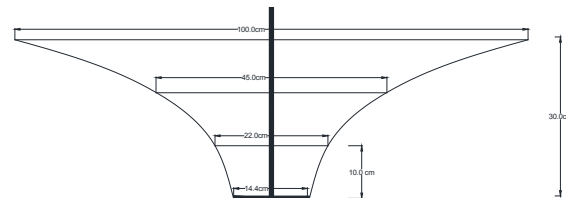
Berikut adalah hasil pola keruntuhan tanah pada plat jangkar penanaman 30 cm (gambar 11, 12, dan 13).



Gambar 11. Model pola keruntuhan jangkar lingkaran kedalaman 30 cm.



Gambar 12. Model pola keruntuhan jangkar bintang A kedalaman 30 cm.



Gambar 13. Model pola keruntuhan jangkar bintang B kedalaman 30 cm.

Dengan mengacu pada gambar diatas, hasil dari gambar contour yang yang diperoleh dengan menggunakan program *FLAC3D* tidak akan berbeda jauh dari acuan gambar pola keruntuhan diatas. Berikut urutan tipe jangkar yang mengalami ukuran diameter pola keruntuhan dari yang terkecil sampai yang terbesar : Bintang A sebesar 72 cm, lingkaran sebesar 90 cm, dan bintang B sebesar 100 cm. Urutan tersebut juga tidak akan berubah pada hasil analisis *displacement* oleh program *FLAC3D*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Contour Displacement

Dari hasil pengoperasian program *FLAC3D*, dapat diperoleh

gambar contour dari tanah akibat dari pergerakan plat jangkar.

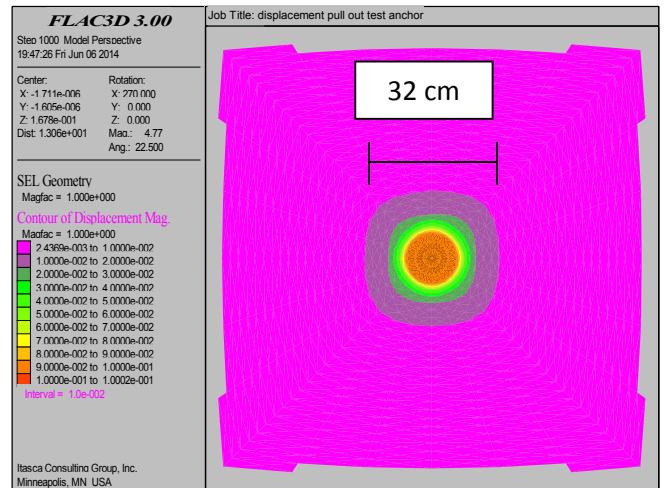
Gambar contour menunjukkan displacement yang terjadi pada tanah setelah jangkar ditarik ke atas sebesar 10 cm.

Besarnya displacement ditunjukkan oleh beberapa keragaman warna, dengan tiap warna menunjukkan interval dari besar displacement. Nilai besaran displacement dapat diketahui dari keterangan gambar yang berada dibagian kiri gambar (nilai besaran displacement dalam satuan meter).

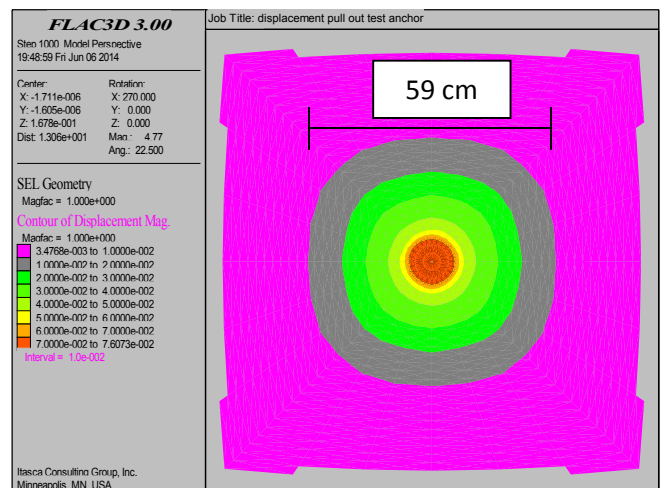
Contour Tanah pada Kedalaman 30 cm

Berikut ini merupakan displacement yang terjadi pada tanah akibat dari pergerakan tarik jangkar pada kedalaman penanaman jangkar 30 cm. Contour displacement tersebut ditunjukkan pada gambar 14 s/d 22.

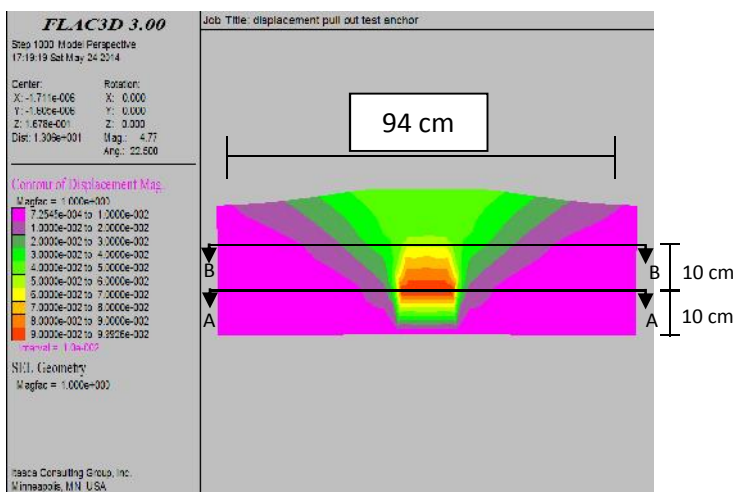
A. Model Jangkar Lingkaran



Gambar 15. Displacement jangkar lingkaran kedalaman 30 cm potongan A-A



Gambar 16. Displacement jangkar lingkaran kedalaman 30 cm potongan B-B



Gambar 14. Displacement jangkar lingkaran kedalaman 30 cm

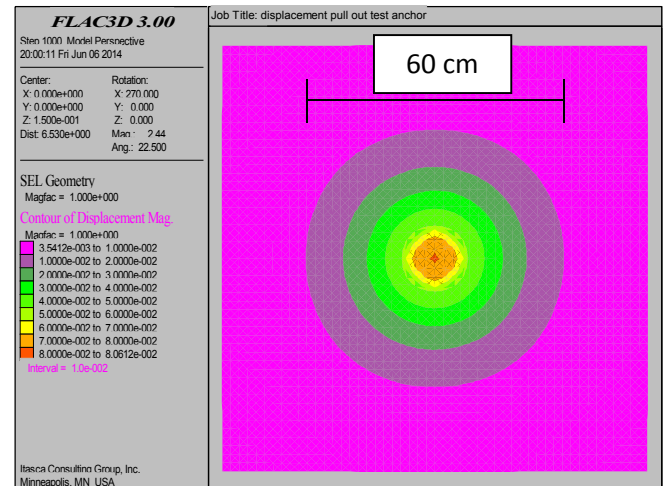
Gambar 14 menunjukkan contour tanah untuk penanaman jangkar lingkaran sedalam 30 cm. Jarak terbesar pada tanah yang mengalami displacement untuk arah horizontal adalah sebesar 94 cm dan untuk arah vertikal sebesar 30 cm atau sampai permukaan tanah.

Gambar 15 menunjukkan contour tanah pada potongan A-A. Posisi potongan ini terletak pada kedalaman 20 cm. Pada contour juga terlihat luasan area tanah yang mengalami displacement pada arah horizontal, yaitu dengan jarak terbesarnya sebesar 32 cm.

Gambar 16 menunjukkan contour tanah pada potongan B-B. Posisi potongan ini terletak pada kedalaman 10 cm. Pada contour juga terlihat luasan area tanah yang mengalami displacement pada arah horizontal, yaitu dengan jarak terbesarnya sebesar 59 cm.

Gambar 17 menunjukkan contour tanah untuk penanaman jangkar bintang A sedalam 30 cm. Jarak terbesar pada tanah yang mengalami displacement untuk arah horizontal adalah sebesar 86 cm dan untuk arah vertikal sebesar 30 cm atau sampai permukaan tanah.

B. Model Jangkar Bintang A

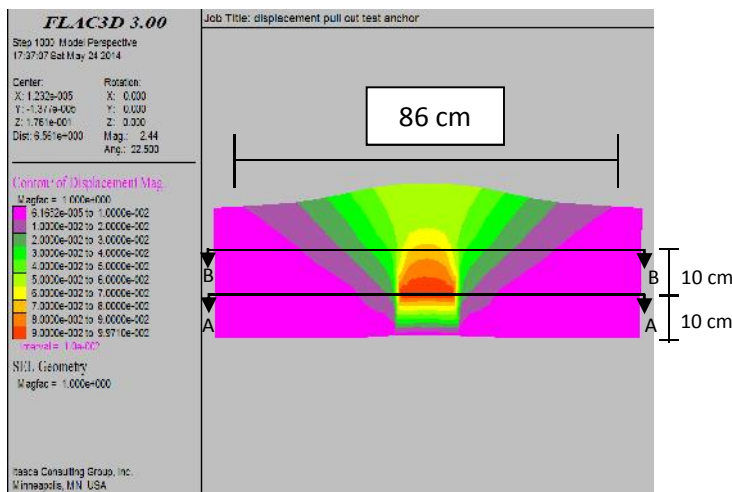


Gambar 19. Displacement jangkar bintang A kedalaman 30 cm potongan B-B

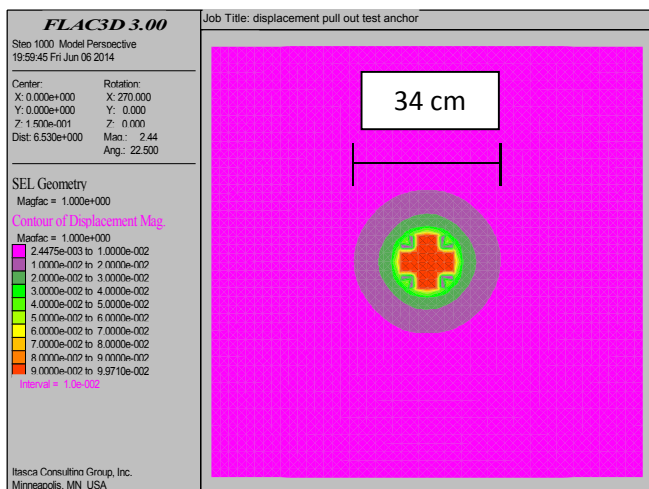
Gambar 18 menunjukkan contour tanah pada potongan A-A. Posisi potongan ini terletak pada kedalaman 20 cm. Pada contour juga terlihat luasan area tanah yang mengalami displacement pada arah horizontal, yaitu dengan jarak terbesarnya sebesar 34 cm.

Gambar 19 menunjukkan contour tanah pada potongan B-B. Posisi potongan ini terletak pada kedalaman 10 cm. Pada contour juga terlihat luasan area tanah yang mengalami displacement pada arah horizontal, yaitu dengan jarak terbesarnya sebesar 60 cm.

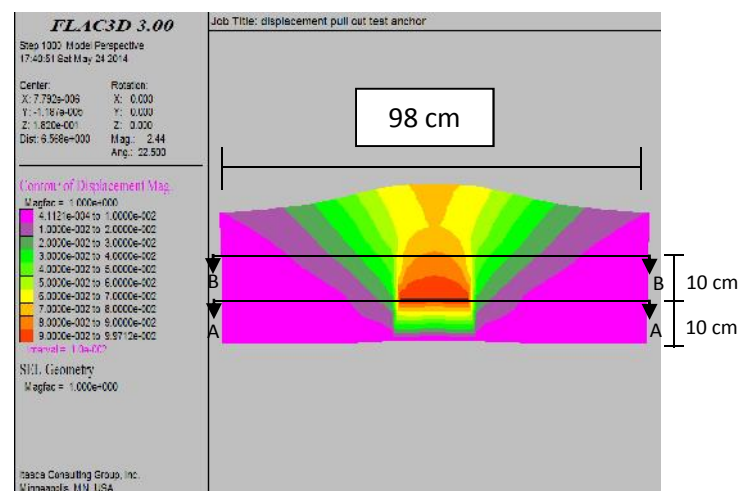
C. Model Jangkar Bintang B



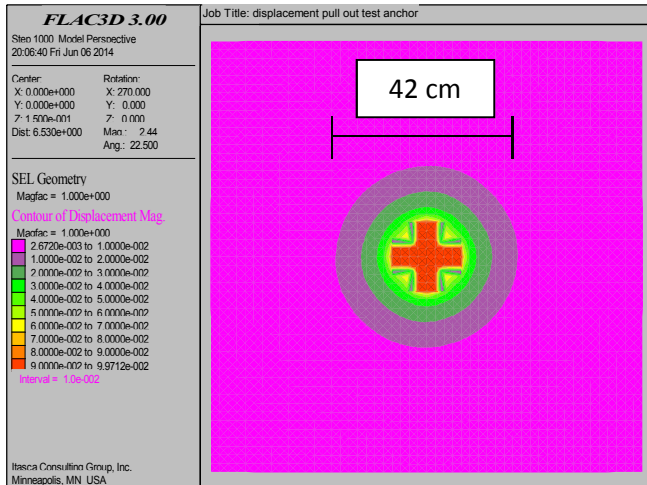
Gambar 17. Displacement jangkar bintang A kedalaman 30 cm



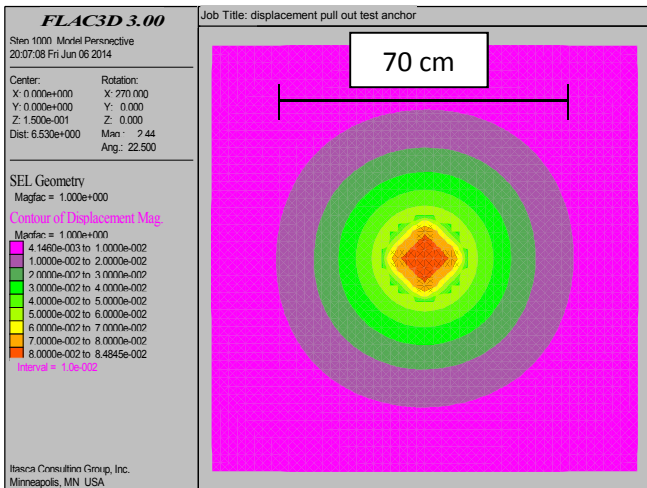
Gambar 18. Displacement jangkar bintang A kedalaman 30 cm potongan A-A



Gambar 20. Displacement jangkar bintang B kedalaman 30 cm



Gambar 21. Displacement jangkar bintang B kedalaman 30 cm potongan A-A



Gambar 22. Displacement jangkar bintang B kedalaman 30 cm potongan B-B

Gambar 20 menunjukkan contour tanah untuk penanaman jangkar bintang B sedalam 30 cm. Jarak terbesar pada tanah yang mengalami displacement untuk arah horizontal adalah sebesar 98 cm dan untuk arah vertikal sebesar 30 cm atau sampai permukaan tanah.

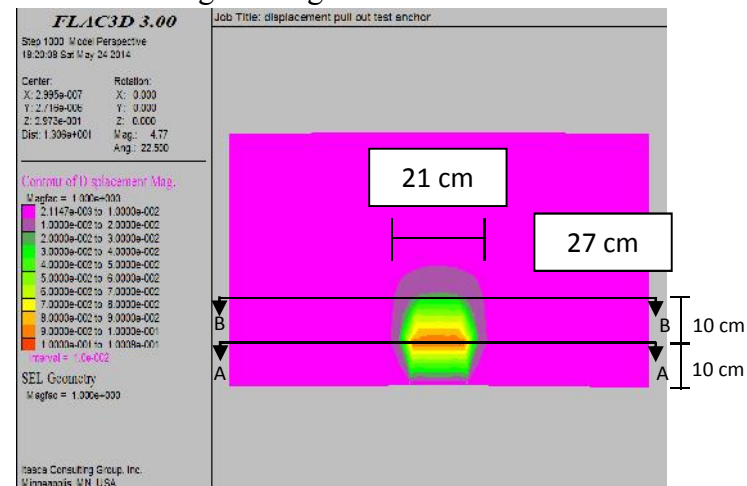
Gambar 21 menunjukkan contour tanah pada potongan A-A. Posisi potongan ini terletak pada kedalaman 20 cm. Pada contour juga terlihat luasan area tanah yang mengalami displacement pada arah horizontal, yaitu dengan jarak terbesarnya sebesar 42 cm.

Gambar 22 menunjukkan contour tanah pada potongan B-B. Posisi potongan ini terletak pada kedalaman 10 cm. Pada contour juga terlihat luasan area tanah yang mengalami displacement pada arah horizontal, yaitu dengan jarak terbesarnya sebesar 70 cm.

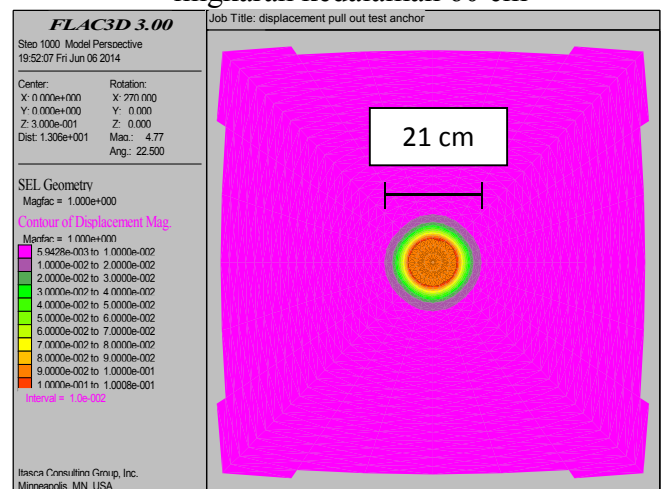
Contour Tanah pada Kedalaman 60 cm

Berikut ini merupakan displacement yang terjadi pada tanah akibat dari pergerakan tarik jangkar pada kedalaman penanaman jangkar 60 cm. Contour displacement tersebut ditunjukkan pada gambar 23 s/d 31.

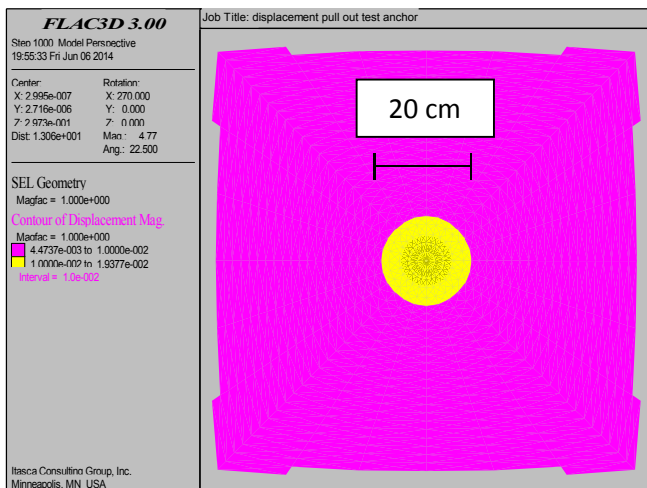
A. Model Jangkar Lingkaran



Gambar 23. Displacement jangkar lingkaran kedalaman 60 cm



Gambar 24. Displacement jangkar lingkaran kedalaman 60 cm potongan A-A



Gambar 25. Displacement jangkar lingkaran kedalaman 60 cm potongan B-B

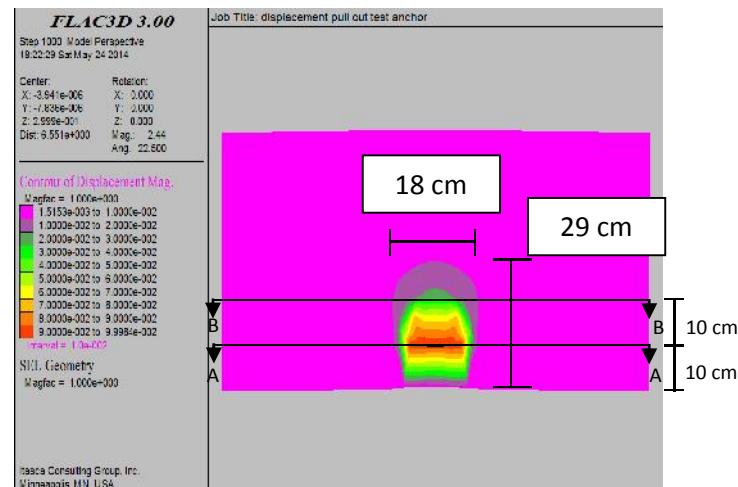
Gambar 23 menunjukkan contour tanah untuk penanaman jangkar lingkaran sedalam 60 cm. Jarak terbesar pada tanah yang mengalami displacement untuk arah horizontal adalah sebesar 21 cm dan untuk arah vertikal sebesar 27 cm.

Gambar 24 menunjukkan contour tanah pada potongan A-A. Posisi potongan ini terletak pada kedalaman 50 cm. Pada contour juga terlihat luasan area tanah yang mengalami displacement pada arah horizontal, yaitu dengan jarak terbesarnya sebesar 21 cm.

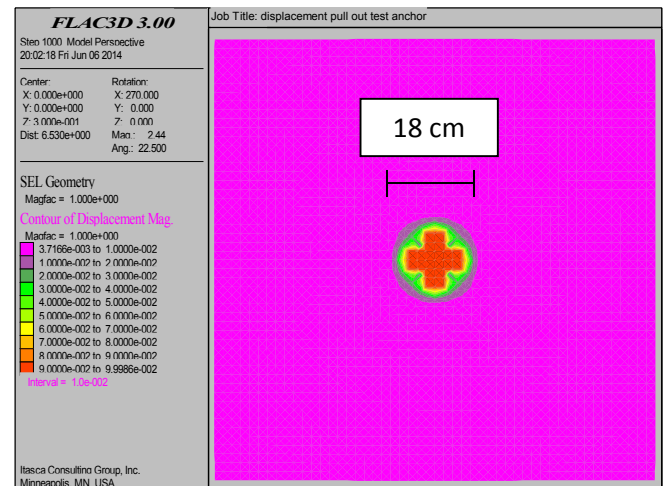
Gambar 25 menunjukkan contour tanah pada potongan B-B. Posisi potongan ini terletak pada kedalaman 40 cm. Pada contour juga terlihat luasan area tanah yang mengalami displacement pada arah horizontal, yaitu dengan jarak terbesarnya sebesar 20 cm.

Gambar 26 menunjukkan contour tanah untuk penanaman jangkar bintang A sedalam 60 cm. Jarak terbesar pada tanah yang mengalami displacement untuk arah horizontal adalah sebesar 18 cm dan untuk arah vertikal sebesar 29 cm.

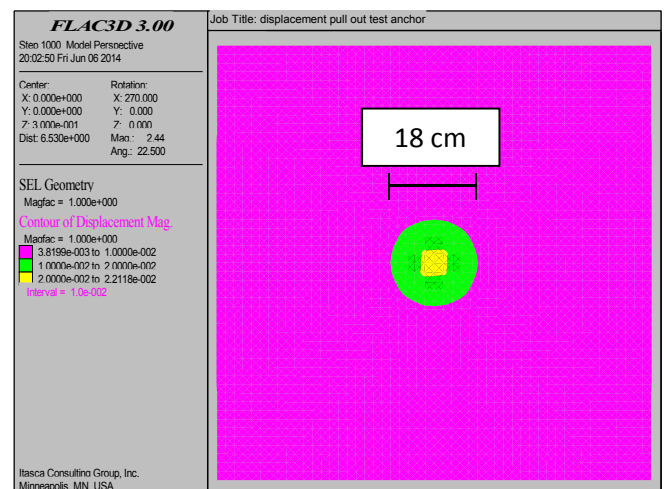
B. Model Jangkar Bintang A



Gambar 26. Displacement jangkar bintang A kedalaman 60 cm



Gambar 27. Displacement jangkar bintang A kedalaman 60 cm potongan A-A

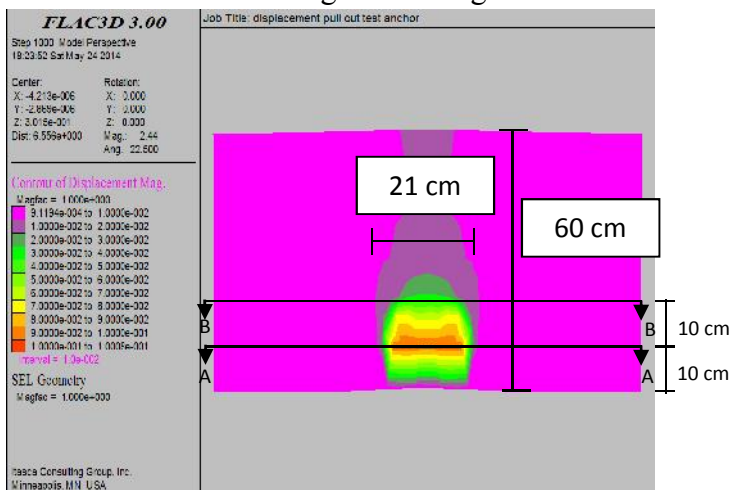


Gambar 28. Displacement jangkar bintang A kedalaman 60 cm potongan B-B

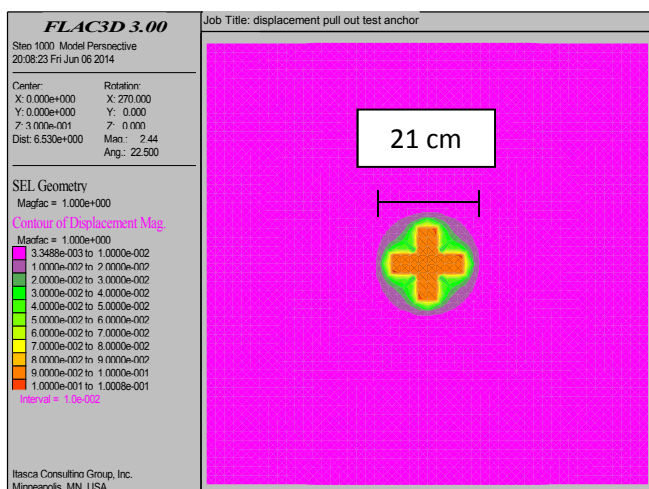
Gambar 27 menunjukkan contour tanah pada potongan A-A. Posisi potongan ini terletak pada kedalaman 50 cm. Pada contour juga terlihat luasan area tanah yang mengalami displacement pada arah horizontal, yaitu dengan jarak terbesarnya sebesar 18 cm.

Gambar 28 menunjukkan contour tanah pada potongan B-B. Posisi potongan ini terletak pada kedalaman 40 cm. Pada contour juga terlihat luasan area tanah yang mengalami displacement pada arah horizontal, yaitu dengan jarak terbesarnya sebesar 18 cm.

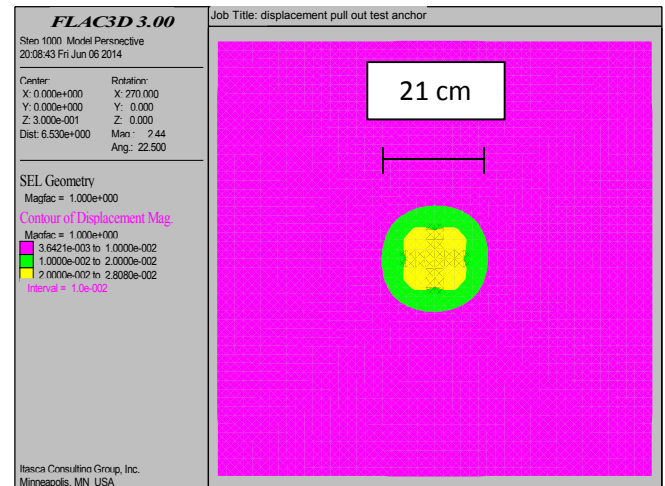
C. Model Jangkar Bintang B



Gambar 29. Displacement jangkar bintang B kedalaman 60 cm



Gambar 30. Displacement jangkar bintang B kedalaman 60 cm potongan A-A



Gambar 31. Displacement jangkar bintang B kedalaman 60 cm potongan B-B

Gambar 29 menunjukkan contour tanah untuk penanaman jangkar bintang B sedalam 60 cm. Jarak terbesar pada tanah yang mengalami displacement untuk arah horizontal adalah sebesar 21 cm dan untuk arah vertikal sebesar 60 cm atau sampai permukaan tanah.

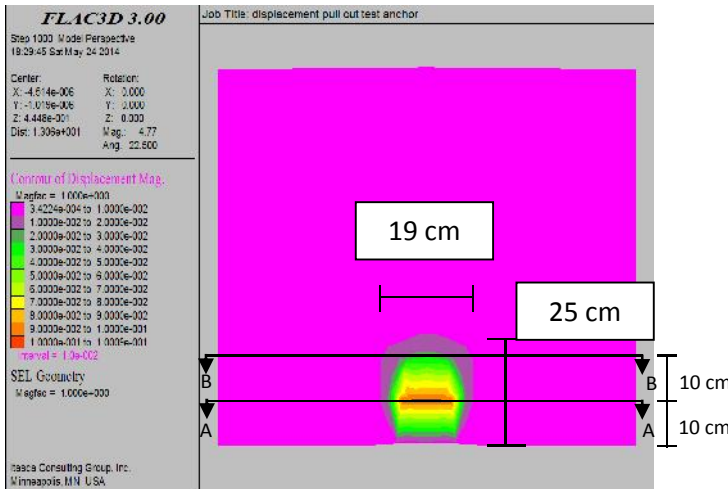
Gambar 30 menunjukkan contour tanah pada potongan A-A. Posisi potongan ini terletak pada kedalaman 50 cm. Pada contour juga terlihat luasan area tanah yang mengalami displacement pada arah horizontal, yaitu dengan jarak terbesarnya sebesar 21 cm.

Gambar 31 menunjukkan contour tanah pada potongan B-B. Posisi potongan ini terletak pada kedalaman 40 cm. Pada contour juga terlihat luasan area tanah yang mengalami displacement pada arah horizontal, yaitu dengan jarak terbesarnya sebesar 21 cm.

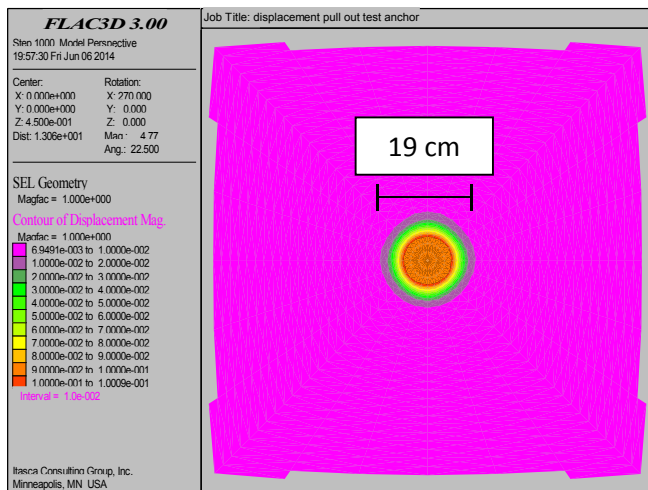
Contour Tanah pada Kedalaman 90 cm

Berikut ini merupakan displacement yang terjadi pada tanah akibat dari pergerakan tarik jangkar pada kedalaman penanaman jangkar 90 cm. Contour displacement tersebut ditunjukkan pada gambar 32 s/d 40.

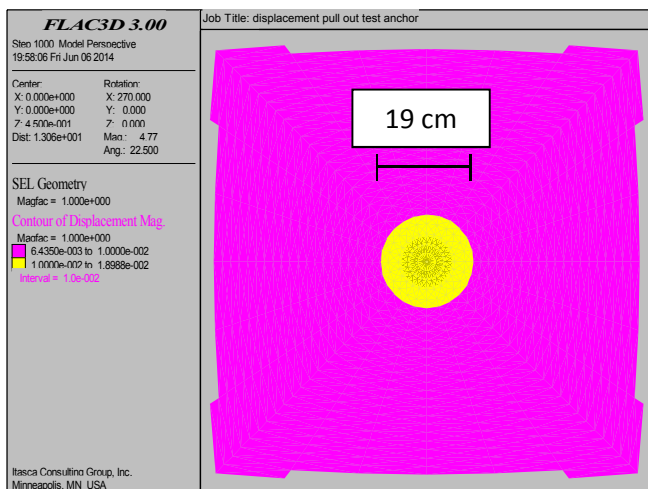
A. Model Jangkar Lingkaran



Gambar 32. Displacement jangkar lingkaran kedalaman 90 cm



Gambar 33. Displacement jangkar lingkaran kedalaman 90 cm potongan A-A



Gambar 34. Displacement jangkar lingkaran kedalaman 90 cm potongan B-B

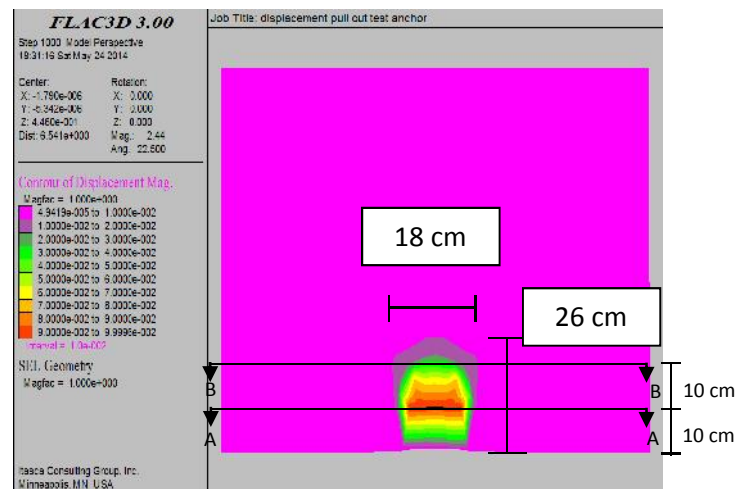
Gambar 32 menunjukkan contour tanah untuk penanaman jangkar lingkaran sedalam 90 cm. Jarak terbesar pada tanah yang mengalami displacement untuk arah horizontal adalah sebesar 19 cm dan untuk arah vertikal sebesar 25 cm.

Gambar 33 menunjukkan contour tanah pada potongan A-A. Posisi potongan ini terletak pada kedalaman 80 cm. Pada contour juga terlihat luasan area tanah yang mengalami displacement pada arah horizontal, yaitu dengan jarak terbesarnya sebesar 19 cm.

Gambar 34 menunjukkan contour tanah pada potongan B-B. Posisi potongan ini terletak pada kedalaman 70 cm. Pada contour juga terlihat luasan area tanah yang mengalami displacement pada arah horizontal, yaitu dengan jarak terbesarnya sebesar 19 cm.

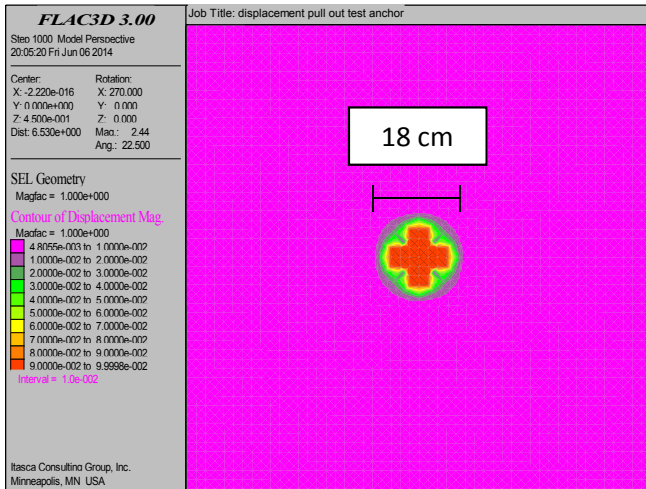
Gambar 35 menunjukkan contour tanah untuk penanaman jangkar bintang A sedalam 90 cm. Jarak terbesar pada tanah yang mengalami displacement untuk arah horizontal adalah sebesar 18 cm dan untuk arah vertikal sebesar 26 cm.

B. Model Jangkar Bintang A

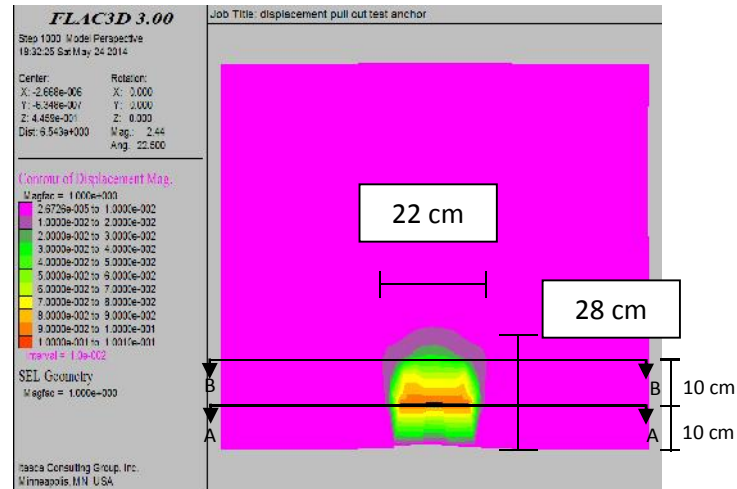


Gambar 35. Displacement jangkar bintang A kedalaman 90 cm

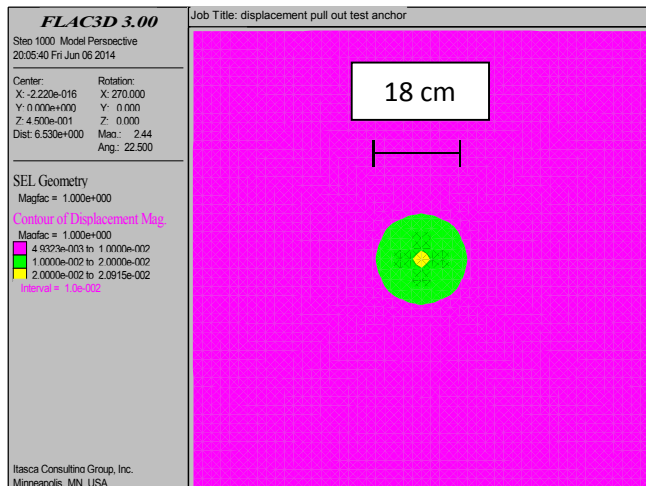
C. Model Jangkar Bintang B



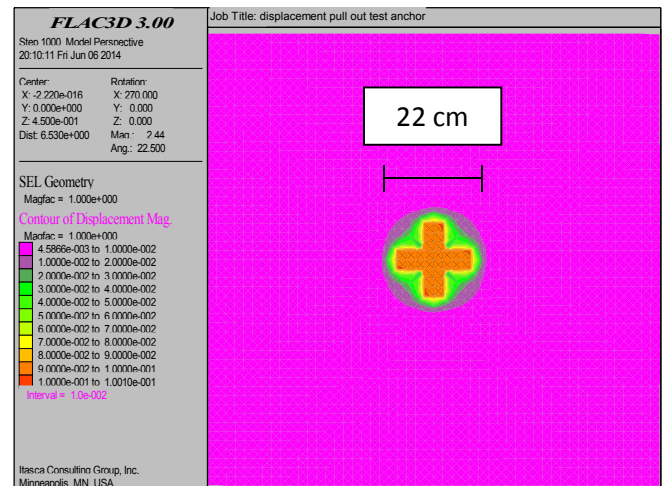
Gambar 36. Displacement jangkar bintang A kedalaman 90 cm potongan A-A



Gambar 38. Displacement jangkar bintang B kedalaman 90 cm



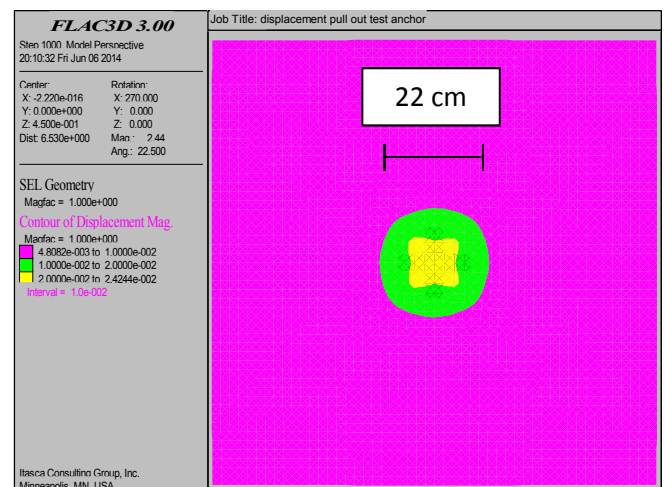
Gambar 37. Displacement jangkar bintang A kedalaman 90 cm potongan B-B



Gambar 39. Displacement jangkar bintang B kedalaman 90 cm potongan A-A

Gambar 36 menunjukkan contour tanah pada potongan A-A. Posisi potongan ini terletak pada kedalaman 80 cm. Pada contour juga terlihat luasan area tanah yang mengalami displacement pada arah horizontal, yaitu dengan jarak terbesarnya sebesar 18 cm.

Gambar 37 menunjukkan contour tanah pada potongan B-B. Posisi potongan ini terletak pada kedalaman 70 cm. Pada contour juga terlihat luasan area tanah yang mengalami displacement pada arah horizontal, yaitu dengan jarak terbesarnya sebesar 18 cm.



Gambar 40. Displacement jangkar bintang B kedalaman 90 cm potongan B-B

Gambar 38 menunjukkan contour tanah untuk penanaman jangkar bintang B sedalam 90 cm. Jarak terbesar pada tanah yang mengalami displacement untuk arah horizontal adalah sebesar 22 cm dan untuk arah vertikal sebesar 28 cm.

Gambar 39 menunjukkan contour tanah pada potongan A-A. Posisi potongan ini terletak pada kedalaman 80 cm. Pada contour juga terlihat luasan area tanah yang mengalami displacement pada arah horizontal, yaitu dengan jarak terbesarnya sebesar 22 cm.

Gambar 40 menunjukkan contour tanah pada potongan B-B. Posisi potongan ini terletak pada kedalaman 70 cm. Pada contour juga terlihat luasan area tanah yang mengalami displacement pada arah horizontal, yaitu dengan jarak terbesarnya sebesar 22 cm.

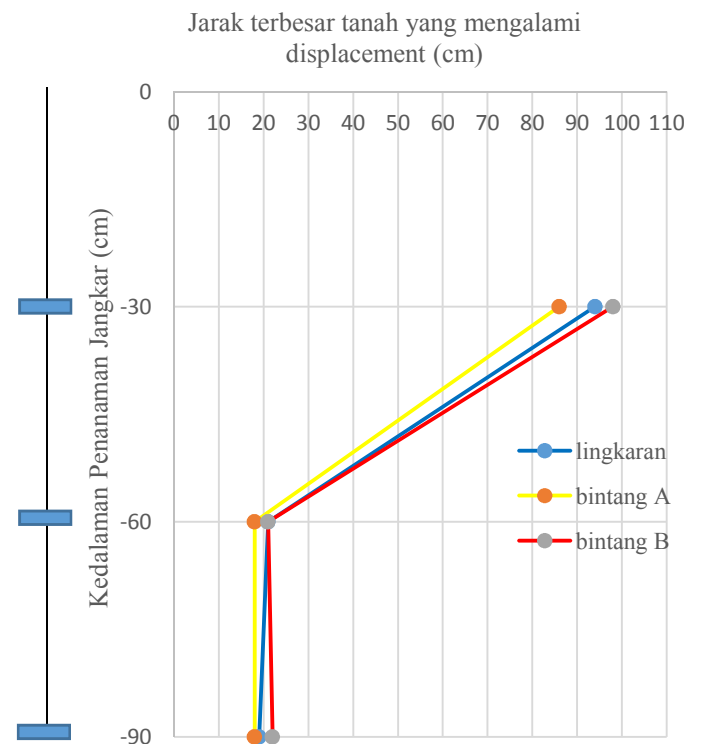
Dari hasil jarak terbesar tanah yang mengalami displacement yang telah ditunjukkan pada gambar contour, dapat dibuat rekap data untuk hasil-hasil tersebut (tabel 4).

Tabel 4. Rekap Hasil Jarak Terbesar Tanah yang Mengalami Displacement

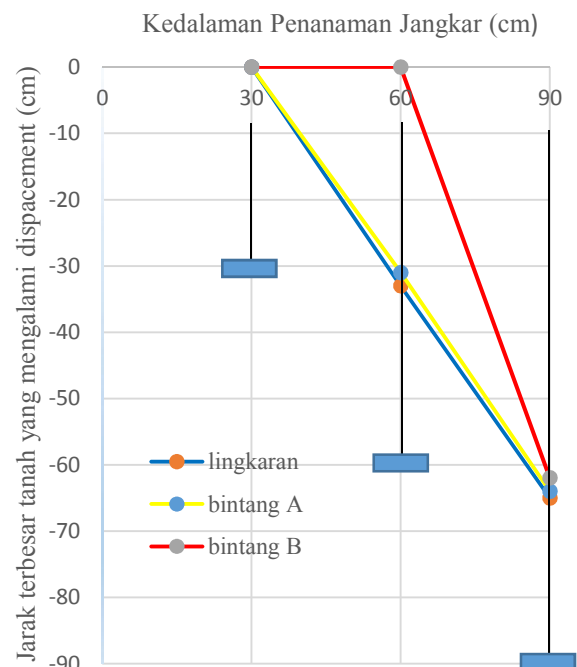
Kedalaman (cm)	Lingkaran		Bintang A		Bintang B	
	x (cm)	z (cm)	x (cm)	z (cm)	x (cm)	z (cm)
30	94	30	86	30	98	30
60	21	27	18	29	21	60
90	19	25	18	26	22	28

Ukuran Jarak Terbesar Tanah yang Mengalami Displacement Terhadap Kedalaman

Hasil dari besar area displacement pada setiap kedalaman dapat dilihat dari gambar 41 dan 42.

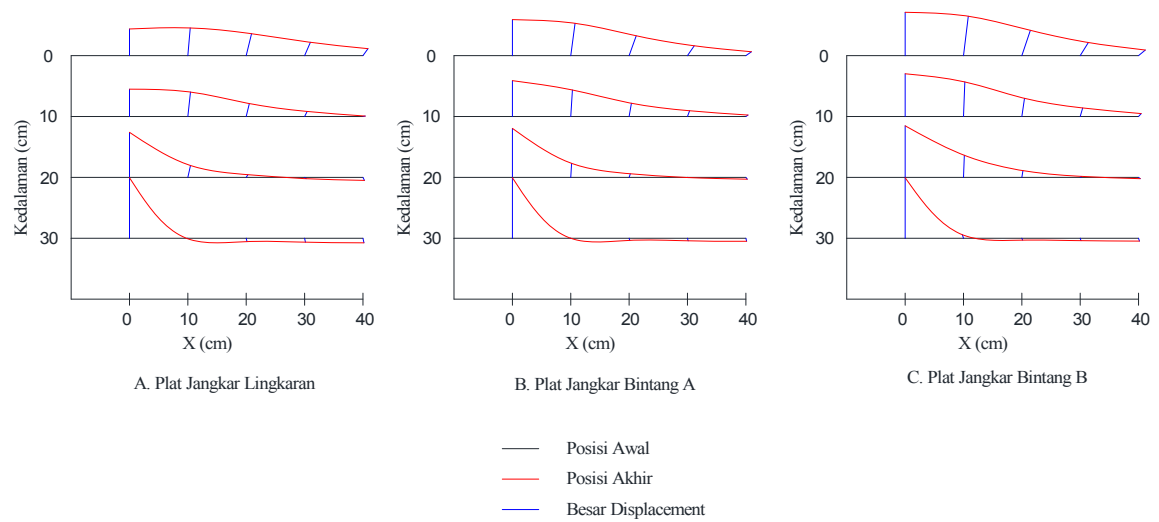


Gambar 41. Grafik Hubungan Jarak Terbesar Tanah yang Mengalami Displacement Arah X dengan Kedalaman Penanaman Jangkar

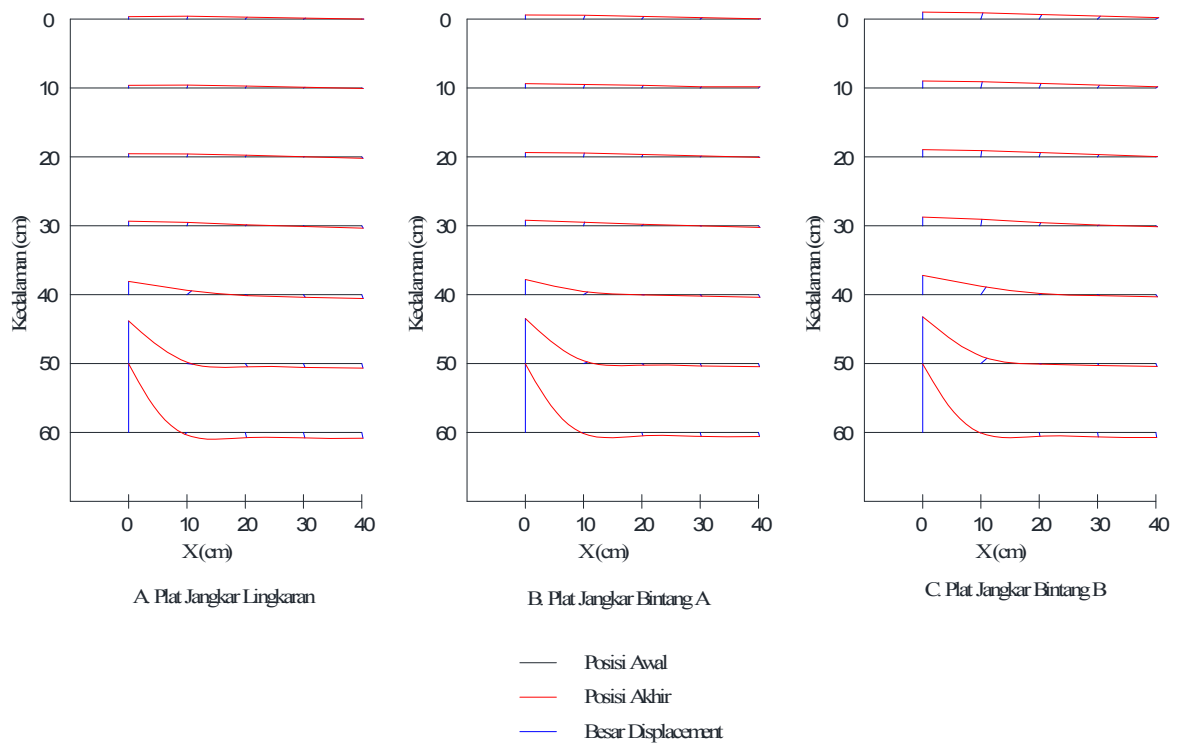


Gambar 42. Grafik Hubungan Jarak Terbesar Tanah yang Mengalami Displacement Arah Z dengan Kedalaman Penanaman Jangkar

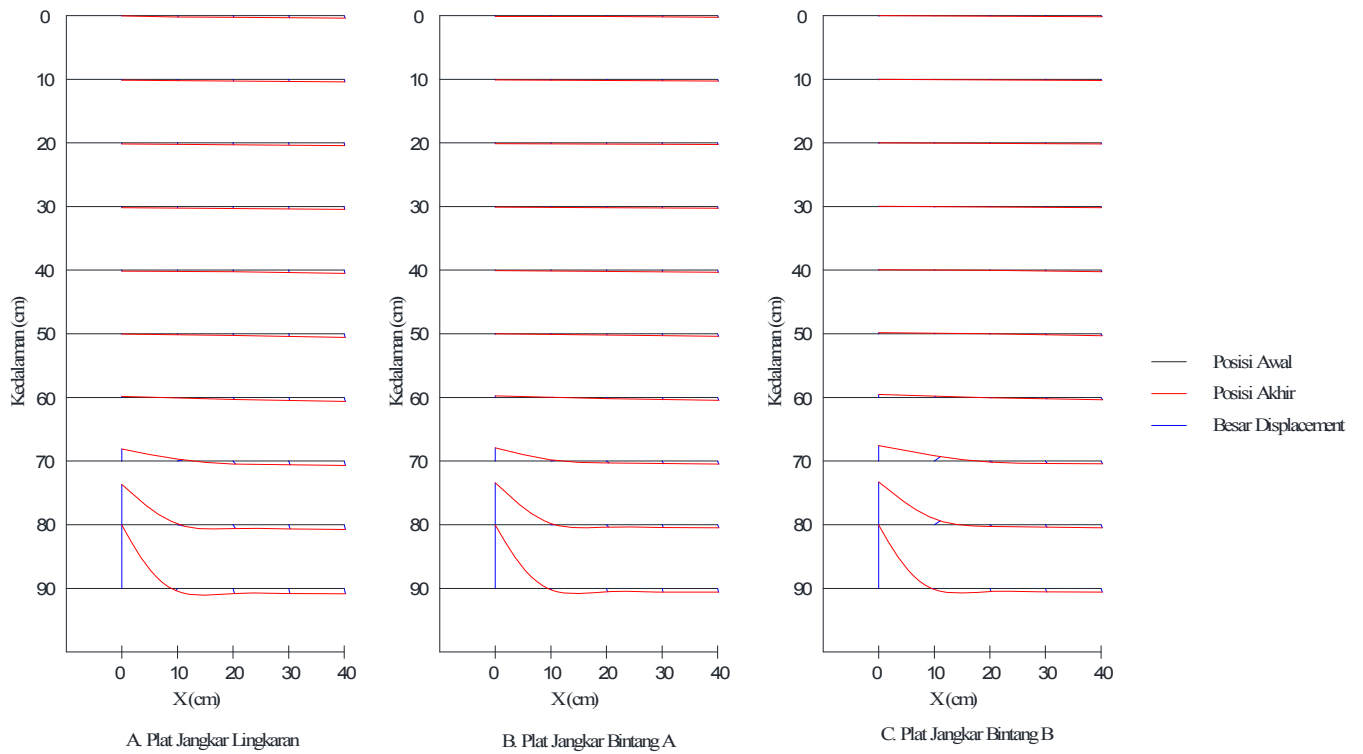
Displacement Tanah pada Beberapa Titik



Gambar 43. Displacement pada Tiap Titik untuk Kedalaman 30 cm



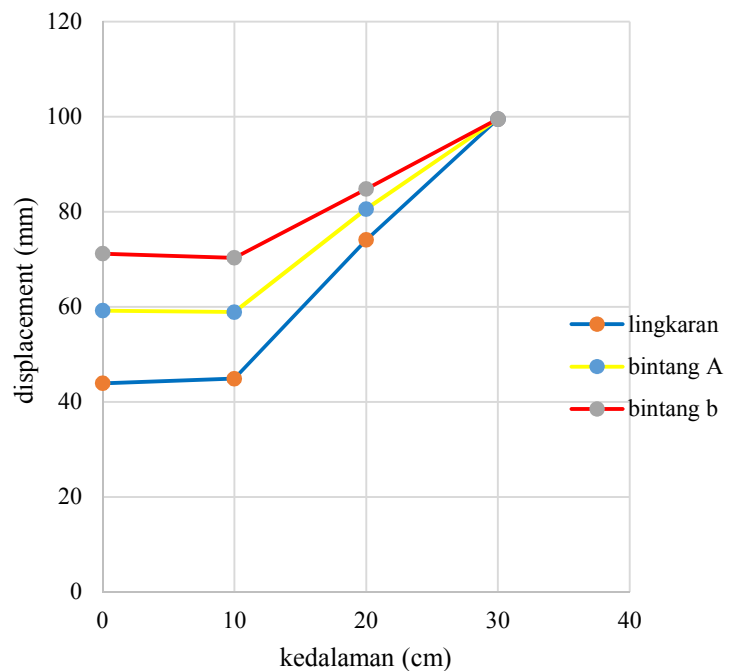
Gambar 44. Displacement pada Tiap Titik untuk Kedalaman 60 cm



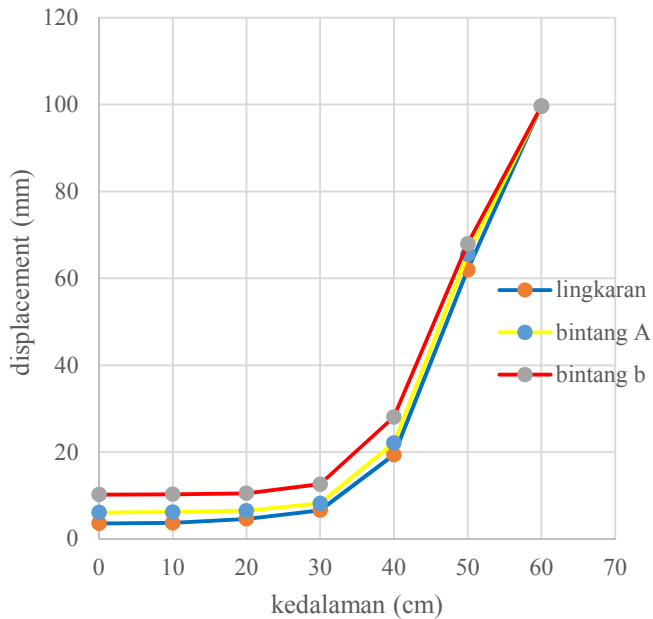
Gambar 45. Displacement pada Tiap Titik untuk Kedalaman 90 cm

FLAC3D juga dapat menunjukkan displacement di titik-titik tertentu pada tanah, yaitu dengan menentukan titik koordinat tanah yang ingin diketahui displacementnya. Pada rancangan ini, plat jangkar terletak pada koordinat (0,0,0) dan titik-titik yang akan diketahui displacementnya adalah pada arah horizontal (x) yaitu titik 0, 10, 20, 30, dan 40 cm, pada tiap kedalaman 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, dan 90 cm, sesuai dengan masing-masing kedalaman penanaman jangkar. Hasil dari displacement yang terjadi pada suatu titik berupa displacement ke arah horizontal (x) dan vertical (z) (gambar 43, 44, dan 45).

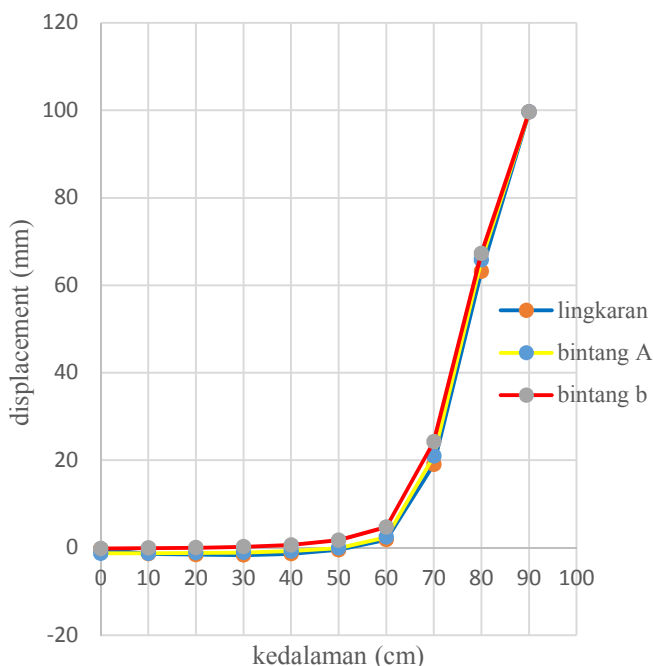
Displacement pada titik $x = 0$ atau titik yang berada pada tengah jangkar merupakan daerah yang mengalami displacement terbesar untuk setiap kedalaman. Berdasarkan hal itu berikut ini diperlihatkan grafik hubungan displacement dengan kedalaman untuk setiap kedalaman penanaman jangkar pada titik $x = 0$ (gambar 46, 47, dan 48).



Gambar 46. Grafik hubungan displacement dengan kedalaman pada titik $x = 0$ untuk penanaman 30 cm



Gambar 47 Grafik hubungan displacement dengan kedalaman pada titik $x = 0$ untuk penanaman 60 cm



Gambar 48. Grafik hubungan displacement dengan kedalaman pada titik $x = 0$ untuk penanaman 90 cm

Dari gambar 46, 47 dan 48, terlihat bahwa pada jangkar bintang B terjadi displacement terbesar pada tanah untuk setiap kedalaman dan untuk setiap kedalaman penanaman jangkar. Setelah itu yang terbesar ke dua adalah displacement yang terjadi pada tanah dari jangkar tipe bintang A, dan yang terakhir yaitu displacement yang terjadi pada tanah dari jangkar lingkaran.

Dari gambar grafik tersebut juga menunjukkan bahwa displacement terbesar terjadi pada bagian tanah yang paling dalam kemudian semakin ke permukaan tanah, displacement tanah yang terjadi akan semakin kecil.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Analisis displacement tanah dengan menggunakan program FLAC3D telah memperoleh hasil yang diinginkan, dan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Pada kedalaman 30 cm, tanah mengalami displacement sampai permukaan tanah. Dan untuk jarak terbesar tanah yang mengalami displacement ke arah mendatar yaitu untuk lingkaran sebesar 94 cm, bintang A sebesar 86 cm, dan bintang B sebesar 98 cm.
- Pada kedalaman 60 cm, untuk arah vertikal, lingkaran sebesar 27 cm, bintang A sebesar 29 cm, bintang B sebesar 60 cm, untuk arah horizontal, lingkaran sebesar 21 cm, bintang A sebesar 18 cm, bintang B sebesar 21 cm.
- Pada kedalaman 90 cm, untuk arah vertikal, lingkaran sebesar 25 cm,

bintang A sebesar 26 cm, bintang B sebesar 28 cm, untuk arah horizontal, lingkaran sebesar 19 cm, bintang A sebesar 18 cm, dan bintang B sebesar 22 cm.

Berdasar pada data-data tersebut, dapat disimpulkan bahwa ukuran lebar dari jangkar dapat mempengaruhi besarnya luasan tanah yang mengalami displacement.

Saran

1. Diharapkan adanya penelitian lebih lanjut mengenai plat jangkar dengan tipe bentuk yang lebih bervariasi dan pada kondisi tanah yang berbeda-beda, sehingga memudahkan para praktisi teknis yang menggunakan plat jangkar pada suatu konstruksi.
2. Program *FLAC3D* sebaiknya lebih sering lagi digunakan oleh peneliti-peneliti dalam menganalisis suatu struktur.

DAFTAR PUSTAKA

- Balla, A. (1961). *The Resistance to Breaking Out of Mushroom foundation*. Budapest: Hungary.
- Birjukumar Mistri dan Baleshwar Singh. 2011. *Pullout Behavior of Plate Anchors in Cohesive Soils*. Journal Vol. 16 [2011], Bund. K Pages 1173-1184.
- Clemence, S.P. N. and Veesaert, C.J. (1977) Dynamic pullout resistance of anchors in sand, In *Proceedings of the Int. Symp. On Soil-Structure Interaction*, Roorkee, pp. 389-397.
- Coetzee, Hart, Varona, Cundall. 1995. *FLAC Basics (An introduction to FLAC and a guide to its practical application in geotechnical engineering)*.
- Dickin, E.A. (1988). "Uplift behaviour of horizontal anchor plates in sand." *J. of Geotech. Eng.*, Vol.114, No. 11, 1300-1317.
- Downs, DI, and Chieruzzi, R (1966). "Transmission Tower Foundations," *J Power Div*, ASCE, Vol 92, No 2, pp 91-114.
- Hamed Niroumand, Khairul Anuar Kassim, Amin Ghafooripour, Ramli Nazir. 2012. *Uplift Capacity of Enlarged Base Piles in Sand*. Journal Vol. 17 [2012], Bund. R Pages 2721-2736.
- [Http://en.wikipedia.org/wiki/Elastic_modulus](http://en.wikipedia.org/wiki/Elastic_modulus) [1 Mei 2014 at 07:38]
- Majer, J. 1995. Zur berechnung von zugfundamenten (in German). *Osterreichische Bauzeitschrift* 10: 85-90.
- Mayerhof, G.G., and Adams, J.I., 1968. The ultimate uplift capacity of foundations. *Canadian Geotechnical Journal*, 5 (4), 225-244.
- Sudarmadji Ibnu, Khomariyah Siti, dan Nugroho Edi. 2005. *Studi Eksperimental Di Laboratorium Tentang Nilai Modulus Geser Berdasarkan Metode Hardin Dan Black Serta Menard*. Jurnal Volume 2, No. 2, Juli 2005 page 34.